



مکان‌یابی و الویت‌بندی نقاط حادثه‌خیز محورهای حمل و نقل با استفاده از سیستم‌های اطلاعات مکانی

سینا صلاحی اسکویی^۱، غلامرضا فلاحی^۲، حمید شیرمحمدی^۳

۱- کارشناس ارشد مهندسی عمران- راه و ترابری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، sina.salahi68@yahoo.com

۲- دکترای مهندسی عمران - نقشه برداری، استادیار آموزشکده نقشه‌برداری تهران، fallahi-gh@ncc.org.ir

۳- دکترای مهندسی عمران - راه و ترابری، استادیار دانشگاه ارومیه، h.shirmohammadi@urmia.ac.ir

چکیده

شناسایی نقاط حادثه‌خیز تصادفات به همراه اولویت‌بندی آن‌ها به منظور مدیریت تخصیص مناسب منابع در راستای بهبود سطح ایمنی شبکه‌های حمل و نقل ضروری می‌باشد. تخمین حادثه‌خیزی برای تعیین سیاست عملکرد ارگان‌های ذیربط بسیار حایز اهمیت می‌باشد، زیرا در صورت مشخص بودن این نقاط، تخصیص سرمایه و نیروی انسانی با برنامه‌ریزی کامل انجام می‌شود. به دلیل این که تصادف یک پدیده‌ی پیچیده و غیر قابل پیش‌بینی می‌باشد، جهت تخمین درست آن نیازمند در نظر گرفتن ارتباط عوامل مختلف با یکدیگر هستیم. هدف این پژوهش، تعیین نقاط حادثه‌خیز محورهای مواصلاتی با کمک سیستم‌های اطلاعات مکانی است، در این راستا محور تبریز- اهر که از محورهای مواصلاتی مهم استان آذربایجان شرقی، مورد تحلیل و بررسی قرار می‌گیرد. در این مدل با توجه به ویژگی‌های منطقه، جهت تعیین نقاط حادثه‌خیز معیارهای شعاع قوس، جمعیت، فاصله از تقاطع‌ها و شیب طولی استفاده خواهد شد. هر کدام از این معیارها اهمیتی متفاوتی در تعیین حادثه‌خیزی نقاط دارند که میزان اهمیت این معیارها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی تعیین می‌گردد. لازم به ذکر است که نقاط حادثه‌خیز تعیین شده در این تحقیق با نقاط حادثه‌خیزی که از پلیس‌راه استان اخذ گردیده تطبیق داده شده و با استفاده از ماتریس خطا مورد ارزیابی قرار گرفت.

کلید واژه : نقاط حادثه‌خیز، سیستم اطلاعات مکانی، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، ماتریس خطا



۱- مقدمه

از میان حوادث مختلف مرتبط با شبکه حمل‌ونقل، تصادفات رانندگی به دلیل خصوصیات خاص خود من جمله فراوانی بالا، شدت زیاد و شانس درگیر شدن مستقیم تمامی افراد جامعه در آن از اهمیت بالایی برخوردار است که این نقش در کشورهای در حال توسعه نظیر کشور ما از نمود بیشتری برخوردار است. حوادث ترافیکی نهمین عامل مرگ‌ومیر در جهان به شمار می‌رود اما در ایران دومین عامل مرگ‌ومیر محسوب می‌شود [۱]. در بررسی مقایسه‌ای بین فوت‌شدگان در تصادف به تعداد خودرو در ایران و کشورهای توسعه‌یافته، که بر اساس شاخص بین‌المللی تعداد کشته‌شدگان به ازای هر ۱۰۰۰۰ وسیله نقلیه انجام می‌پذیرد، حد استاندارد برای متوفیان ۲/۵ - ۱ نفر کشته به ازای هر ۱۰۰۰۰ وسیله نقلیه است که در این رابطه کشور ما با ۳۳ نفر کشته به ازای هر ۱۰۰۰۰ وسیله، مقام بالایی را در آسیا دارد. در حالی که در کشورهای توسعه‌یافته‌ای نظیر ژاپن ۱/۴ و در استرالیا ۱/۸ نفر است [۲]. مقایسه آمار ایران با آمار جهان نشانگر این است که از ۳۰۰۰ کشته در روز در حوادث ترافیکی در جهان، ۷۰ کشته در روز در ایران رخ می‌دهد. یعنی ۲/۴ درصد از آمار مرگ‌ومیر روزانه حوادث ترافیکی در جهان متعلق به کشور ما است و مصدومین ایران سالانه ۰/۵ درصد از مصدومان جهانی را تشکیل می‌دهد و این در حالی است که شاخص وسیله نقلیه-کیلومتر طی شده در کشورهای توسعه‌یافته بیش از ده برابر ایران است [۳]. در سال‌های اخیر سیستم‌های اطلاعات مکانی تحولات انکارناپذیری را در زمینه سازمان دهی و مدیریت داده‌های مکانی ایجاد نموده است و به عنوان علمی که ارزش و توانایی خود را در زمینه مدیریت داده‌های مکانی ثابت نموده، دارای پتانسیل بسیار بالایی جهت به‌خدمت‌گیری در زمینه مدیریت و برنامه‌ریزی حوادث است. این سیستم با داشتن قابلیت اخذ و تبادل داده‌ها از منابع مختلف، سازمان دهی اطلاعات، تلفیق داده‌های گوناگون و انجام تحلیل‌های مکانی افق‌های جدیدی را بر روی محققان علوم مختلف گشوده است.

۲- شناسایی و تحلیل نقاط حادثه‌خیز

محل‌هایی که تعداد غیرمعمول و زیادی از تصادفات را دارند، به صورت نقاط تمرکز تصادف، پرخطر یا سانحه‌خیز توصیف می‌شوند. نقاط حادثه‌خیز نقاطی از جاده هستند که بیش‌ترین نیاز به عملکرد صحیح راننده را دارند. برخی منابع این نقاط را بر اساس نرخ تصادفات (تصادفات بر حسب کیلومتر یا وسیله‌ی نقلیه ورودی) و برخی بر اساس فرکانس تصادفات (تصادفات بر حسب کیلومتر- سال یا تصادفات بر حسب سال) مشخص می‌کنند. گاهی هم ترکیبی از دو روش فوق استفاده می‌شود [۴]. بر اساس کمیته حمل‌ونقل استرالیا تقسیم‌بندی نقاط حادثه‌خیز پس از بررسی سطح ریسک و احتمال تصادف در هر مکانی از جاده تعیین می‌گردد. چرا که در برخی مکان‌ها سطح ریسک بیشتر از نقاط اطراف هست که در این نقاط با ریسک بالا احتمال تصادف بیشتر هست. در نقاطی که سطح



ریسک و تعداد تصادفات زیاد است به عنوان نقاط حادثه‌خیز و مکان‌هایی با احتمال خطر بالقوه گاهی اوقات به صورت نقاط حادثه‌خیز بالقوه تعریف می‌شود [۴].

۲-۱ تعریف‌های مختلف از نقاط حادثه‌خیز

کشورهای مختلف تعاریف متعارفی را از نقاط حادثه‌خیز ارائه می‌دهند:

در انگلستان، قطعه راهی به طول ۳۰۰ متر، محلی که مجموع تصادفات جاده‌ای در آن بیش از ۱۲ تصادف در سال است، به عنوان نقطه حادثه‌خیز شناخته می‌شود. در آلمان قطعات با طول ۳۰۰ متر، با وقوع بیش از ۵ تصادف یکسان در طول ۱ سال را در نظر می‌گیرند. در هلند وقوع حداقل ۱۰ تصادف در مجموع و یا وقوع حداقل ۵ تصادف با مشخصات مشابه در دوره تحلیل ۳ تا ۵ ساله به عنوان نقطه حادثه‌خیز شناخته می‌شود.

در اسپانیا قطعات به طول یک کیلومتر بیش از ۱۰ تصادف جرحی یا دو تصادف فوتی در یک سال، بیش از ۱۰ تصادف جرحی یا ۵ تصادف فوتی در ۳ سال و در جمهوری چک قطعات راه به طول ۲۵۰ متری، وقوع حداقل ۱۰ تصادف جرحی در یک سال با حداقل ۳ تصادف جاده‌ای مشابه در یک سال به عنوان نقطه حادثه‌خیز شناخته می‌شوند.

برخی محدودیت‌ها و مشکلات نیز در راستای تعریف یک نقطه حادثه‌خیز وجود دارد. به عنوان مثال تعداد تصادفاتی که در طول یک سال در قطعه‌ای از یک راه به وقوع می‌پیوندد، هر سال متغیر است که در قالب ریسک ذاتی تصادفات در یک قطعه راه قابل توجیه است. نرخ سالانه اتفاقی تصادفات به طبیعت نرخ تصادفات مربوط می‌شود.

۲-۲ معیارهای تشخیص نقاط حادثه‌خیز

معیارهای تشخیص نقاط حادثه‌خیز از نظر تئوری عبارت‌اند از [۴]:

- تعداد تصادفات از حد معینی تجاوز کند
- تعداد تصادفات بر کیلومتر از حد معینی تجاوز کند.
- تعداد تصادفات بر کیلومتر وسیله نقلیه از حد معینی تجاوز کند.

۳- بررسی معیارهای مورد نظر جهت تعیین نقاط حادثه‌خیز

از جمله فاکتورهای مورد نظر در انجام این تحقیق عبارت‌اند از:

- ۱- فاکتورهای محیطی که شامل مراکز جمعیتی اطراف مسیری باشد.
- ۲- فاکتورهای مرتبط با طرح هندسی مسیر که شامل شیب طولی، فاصله از تقاطع‌ها، شعاع در قوس‌ها و هست.



۳-۱ شعاع قوس (انحناء)

قوس‌ها به دلیل انتقال گمراه‌کننده انحناء در طراحی جاده، ناکافی بودن میدان دید راننده، سر خوردن و از کنترل خارج شدن وسیله نقلیه در محل‌های پیچ به خصوص در جاده‌های خیس، نقاطی بالقوه برای تصادف می‌باشند. در یک قوس افقی تندتر، اصطکاک جانبی بیشتری برای نگه‌داشتن وسیله نقلیه در مسیر نیاز است. تصادفات در زمانی که اصطکاک جانبی بسیار کم و سرعت زیاد و یا سطح جاده نامطلوب باشد اتفاق می‌افتد. روش لازم برای افزایش اصطکاک جانبی افزایش شعاع قوس است. رفتار یک راننده بستگی به توانایی پیش‌بینی قوس توسط او دارد. اگر تندی قوس راننده را درگیر کند تصادف اتفاق می‌افتد.

۳-۲ قوس‌های قائم و شیب طولی

تصادفات معمولاً در نقاط اوج یا قعر قوس‌های قائم رخ می‌دهد. این مسئله به دلیل محدود شدن میدان دید و اختلاف سرعت وسیله نقلیه هست. شیب تأثیر مثبت و بالایی در میزان تصادفات دارد. با توجه به حداکثر شیب مقطع، اکثر مطالعات بیانگر این مطلب هستند که در شیب بیش از ۲ درصد افزایش معنی‌داری در تصادفات دیده می‌شود. بدیهی است این موضوع به دلیل نقش مهم تأثیر اختلاف سرعت و موانع دید در وقوع تصادفات است. شیب طولی به شیب تمام شده راه در امتداد مسیر گفته می‌شود. پس از انحناء قوس شیب مهم‌ترین عامل در تصادفات هست [۵].

۳-۳ فاصله از تقاطع

درصد بسیاری از تصادفات منجر به جرح و مرگ در تقاطع‌ها رخ می‌دهند. لذا یکی از فاکتورهای مورد نظر در این تحقیق فاصله از تقاطع‌ها هست بیشتر این تصادفات در سه راهی‌ها و تقاطع‌های پله‌ای رخ می‌دهد. در جاده‌های برون‌شهری دو خطه مطابق مطالعات انجام‌شده بیش‌ترین تصادفات تقاطعی در اثر برخورد وسیله نقلیه گردش‌کننده به راست با وسیله نقلیه‌ای که به صورت مستقیم حرکت می‌کند، صورت می‌گیرد.

۳-۴ عرض جاده

مسلم است که هرچه عرض جاده‌های اصلی بیشتر بوده و تعداد باندهای رفت و برگشت کمتر باشد خطر وقوع تصادف بیشتر است. لازم به ذکر است به دلیل این‌که مسیر مورد مطالعه تماماً دو خطه می‌باشد از تأثیر این عامل در مدل‌سازی صرف نظر گردید.



۳-۵ مراکز جمعیتی

علاوه بر ترافیک عادی راه‌ها وجود مناطق جمعیتی نیز بر افزایش ترافیک عبوری تأثیر زیادی دارد به طوری که هر چه جمعیت انسانی روستاها در حاشیه راه‌ها زیاد باشد راه‌های ارتباطی این روستاها دارای تلاقی با محور اصلی خواهند بود و در نتیجه احتمال بروز تصادفات نیز بالا خواهد رفت. علت انتخاب این معیار برای پژوهش مورد نظر واقع شدن شهر صنعتی تبریز با جمعیت قابل توجه آن است.

۴- پهنه بندی بازه‌های خطر معیارها

معیارهای انتخابی هر یک باید دارای بازه‌های تقسیم شده‌ای باشند تا در نرم افزار ArcGIS طبقه‌بندی شوند. این طبقه‌بندی به این صورت است که هر یک از بازه‌ها در لایه‌های تولید شده دارای ارزش توصیفی قابل درک برای نرم‌افزار می‌باشد. روش عمل به این صورت است که پس از ایجاد لایه‌ی مورد نظر هر یک از معیارها، با استفاده از طبقه‌بندی مجدد بازه‌های مورد نظر در لایه‌ها ایجاد می‌شود. این بازه‌ها از کمترین مقدار تا بیشترین مقدار از یک تا چهار ارزش‌بندی می‌شوند. بدین معنی که عدد یک نشانگر بیشترین احتمال حادثه‌خیزی و عدد چهار کمترین حادثه‌خیزی را مشخص می‌نماید. در جدول ۱. طبقه‌بندی بازه‌های خطر و ارزش عددی پیکسل را مشاهده می‌نمایید.



جدول ۱: طبقه بندی بازه‌های خطر و ارزش عددی پیکسل

معیار	محدوده‌های بازه‌ها	ارزش عددی پیکسل	توضیحات
شعاع قوس	۰ - ۱۵۰ متر	۱	شعاع قوس کمتر، حادثه‌خیزی بیشتر
	۱۵۰ - ۳۰۰ متر	۲	
	۳۰۰ - ۴۵۰ متر	۳	
	۴۵۰ - ۶۵۰ متر	۴	
شیب طولی	۰٪ - ۴٪	۴	شیب طولی کمتر، حادثه‌خیزی کمتر
	۴٪ - ۶٪	۳	
	۶٪ - ۸٪	۲	
	> ۸٪	۱	
فاصله از تقاطع	۰ - ۳۰ متر	۱	فاصله از تقاطع کمتر، حادثه‌خیزی بیشتر
	۳۰ - ۶۰ متر	۲	
	۶۰ - ۱۰۰ متر	۳	
	> ۱۰۰ متر	۴	
فاصله مراکز جمعیتی	۰ - ۵۰۰ متر	۱	فاصله از مراکز جمعیتی کمتر، حادثه‌خیزی بیشتر
	۵۰۰ - ۱۰۰۰ متر	۲	
	۱۰۰۰ - ۱۵۰۰ متر	۳	
	> ۱۵۰۰ متر	۴	

۵- فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی AHP^۱

فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی یکی از معروف‌ترین فنون تصمیم‌گیری چند منظوره است [۶]. اولین بار توسط توماس ال. ساعتی عراقی الاصل در دهه ۱۹۷۰ ابداع گردید. این فرآیند منعکس‌کننده رفتار طبیعی و تفکر انسانی است. این تکنیک، مسائل پیچیده را بر اساس آثار متقابل آن‌ها مورد بررسی قرار می‌دهد و آن‌ها را به شکلی ساده تبدیل کرده به حل آن می‌پردازد. فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی در هنگامی که عمل تصمیم‌گیری با چند گزینه رقیب و معیار تصمیم‌گیری روبروست می‌تواند استفاده گردد. معیارهای مطرح‌شده می‌تواند کمی و کیفی باشند. اساس این روش تصمیم‌گیری بر مقایسات زوجی نهفته است. تصمیم‌گیرنده با فراهم آوردن درخت سلسله‌مراتبی تصمیم آغاز می‌کند. درخت سلسله‌مراتبی تصمیم، عوامل مورد مقایسه و گزینه‌های رقیب مورد ارزیابی در تصمیم را نشان

^۱ - Hierarchy Analysis Process



می‌دهد. سپس یک سری مقایسات زوجی انجام می‌گیرد. در نهایت منطق فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی به گونه‌ای ماتریس‌های حاصل از مقایسات زوجی را با یکدیگر تلفیق می‌سازد که تصمیم بهینه حاصل آید [۶].

۵-۱ تحلیل سلسله‌مراتبی با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice

برای بدست آوردن وزن و رتبه معیارها از نرم‌افزار Expert Choice 11 استفاده شده است. این نرم‌افزار یکی از پرکاربردترین و کامل‌ترین نرم‌افزارهای برای انجام مقایسات به صورت زوجی و ایجاد سلسله‌مراتب و تحلیل هست. سلسله‌مراتب مدل‌سازی با این نرم‌افزار برای این پژوهش به ترتیب زیر هست:

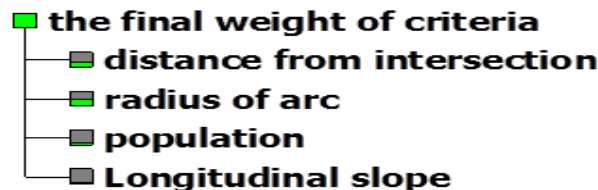
۱- تعریف هدف

۲- تعریف معیارها

۳- مقایسات زوجی

۴- محاسبه وزن و نرخ سازگاری .

شکل ۱. نمودار درختی سلسله‌مراتبی برای این پژوهش را مشاهده می‌نمایید.



شکل ۱: نمودار درختی تحلیل سلسله‌مراتبی

در شکل ۲. تصویر نرم‌افزار Expert Choice را به همراه میانگین هندسی رتبه‌های اعمال شده معیار با به نرم‌افزار را مشاهده می‌نمایید. رتبه‌های وارد شده، میانگین هندسی استخراج شده نظرات کارشناسان و متخصصان می‌باشد.

Compare the relative importance with respect to: the final weight of criteria

	distance fr	radius of ar	population	Longitudin
distance from intersection		1.0	2.0	3.0
radius of arc			4.0	5.0
population				2.0
Longitudinal slope	Incon: 0.02			

شکل ۲: رتبه‌های اعمال شده به معیارها



۵-۲ نتایج وزن‌های نهایی

پس از مدل‌سازی نمودار درختی در نرم‌افزار Expert Choice و اعمال وزن‌های آن‌ها نتایج مقایسات زوجی معیارها استخراج گشته تا در مرحله آنالیز تحلیل سلسله‌مراتبی از آن با استفاده شود. در شکل ۳. نتایج نهایی مقایسه زوجی و وزن آن‌ها برای معیارهای انتخابی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۳: وزن‌های نهایی معیارهای انتخابی

۶- فرایند مکان‌یابی در GIS و تلفیق داده‌های مکانی

در سال‌های اخیر مدل‌هایی با استفاده از GIS با قابلیت ارائه اطلاعات مکانی دقیق توسعه یافته‌اند که این توسعه به نوبه خود منجر به بروز مشکلات محاسباتی سنگین گردیده است. فرایند مکان‌یابی با استفاده از GIS، شامل یک سری مراحل معین و مشخصی بوده که برای دستیابی به نتایج قابل اطمینان، اجرای آن‌ها اجتناب‌ناپذیر هست. به طور کلی فرایند مکان‌یابی را می‌توان شامل مراحل شناخت، تهیه داده‌های مورد نیاز، تعیین فاکتورهای تأثیرگذار، شناخت دقیق از محدوده مطالعاتی، گردآوری و آماده‌سازی داده‌ها، تهیه نقشه، تلفیق نقشه‌ها و تهیه نقشه‌های خروجی دانست. یکی از موارد بااهمیت در مکان‌یابی استخراج عوامل مهم محیطی و طبقه‌بندی آن به چند بخش تأثیرگذار بوده که مستلزم شناخت دقیق اهمیت هر یک از عوامل هست [۷].

به طور کلی فرایند مکان‌یابی شامل مراحل زیر هست:

- شناخت
- تعیین داده‌ها و پارامترهای موثر
- بررسی ویژگی‌های محدوده مطالعاتی
- جمع‌آوری و آماده‌سازی داده‌ها
- تهیه نقشه‌ها
- وزن دهی به نقشه‌ها
- تلفیق نقشه‌ها
- نقشه‌های نهایی



۷- منطقه مورد مطالعه

راه ارتباطی بین تبریز و اهر یک جاده اصلی با یک خط رفت و یک خط برگشت بوده و طول مسیر ۹۷ کیلومتر است. این جاده یک بار در سالیان دور مورد بازسازی و تعریض قرار گرفته است ولی هم اکنون این جاده با افزایش ترافیک انواع وسایل نقلیه، سطح سرویس این محور در درجه پایین است. به طوری که دارای مقام اول تصادفات بین شهری در کل کشور است. به گفته معاونت راهنمایی و رانندگی استان آذربایجان شرقی حدود ۳۶ درصد تصادفات کل استان مربوط به این محور است [۸]. این جاده در طول مسیر راه ارتباطی چند شهرستان دیگر این استان مانند ورزقان، هریس، هوراند و کلیبر نیز است. وجود معادن طبیعی در شهرستان ورزقان و منطقه گردشگری کلیبر یکی از عوامل مهم افزایش ترافیک عبوری این محورهاست [۹]. با توجه به مطالعات انجام گرفته عرض راه برای هر خط ۳/۶۵ متر بوده که در طول قابل توجهی از مسیر راه فاقد شانه بود. وجود تپه ماهورها در حاشیه مسیر تا ۳۰ کیلومتری تبریز و رشته کوه‌های کوهستانی در گردنه معروف گویجه بیل راه‌سازان را وادار به طراحی با قوس‌های متوالی کرده است تا جایی که تعداد قوس‌ها قابل توجه است. واقع شدن این محور در منطقه کوهستانی سبب شده است که در طول مسیر ناهمواری‌های زیادی ایجاد شود به طوری که شیب طولی در این محور قابل توجه بوده و تا ۱۰ درصد نیز ثبت شده است. با توجه به شکل گرفتن روستاها و آبادی‌ها در حاشیه محور این مسیر را از لحاظ نزدیکی به مراکز جمعیتی در رکورد قابل توجهی قرار داده است با توجه به ویژگی‌های ذکر شده مطالعه شرایط حادثه‌خیزی در این محور امری مهم و است. در شکل ۴. تصویر ماهواره‌ای تهیه شده از این مسیر را مشاهده می‌کنید [۹].



شکل ۴: تصویر ماهواره‌ای محور تبریز-اهر



۸- مکان‌یابی نقاط حادثه‌خیز

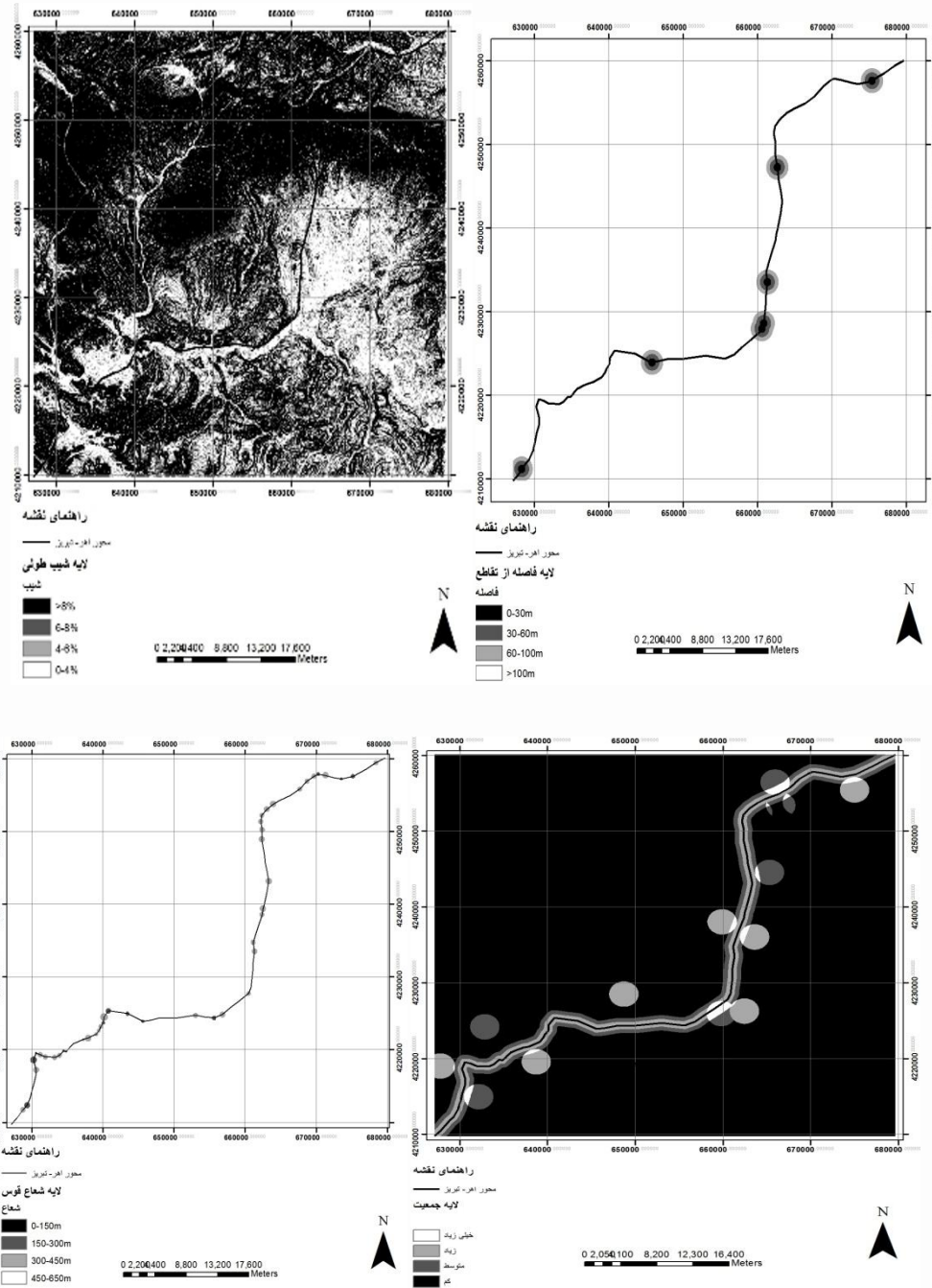
اولین قدم برای مکان‌یابی آماده‌سازی داده‌های مورد نیاز برای تولید لایه هر یک از معیارها می‌باشد. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق داده‌های ارتفاعی DEM^۲، داده‌های مربوط به تقاطع‌ها، داده‌های مربوط به مراکز جمعیتی به همراه اطلاعات توصیفی و فایل حاوی محورهای مواصلاتی منطقه می‌باشد.

با جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز تحقیق لایه‌های شیب، فاصله از تقاطع، مراکز جمعیتی و شعاع قوس تشکیل می‌شوند. اطلاعات مربوط به داده‌های ارتفاعی از سازمان محیط‌زیست کشور با عنوان فایل DEM با قدرت تفکیک ۲۵ متر تهیه شد، داده‌های مربوط به نقشه فاصله از تقاطع به صورت برداشت دستی در طول مسیر انجام گرفت به منظور درک بهتر محل تقاطع‌ها در جاده اصلی به صورت تعیین کردن مختصات آن نقطه توسط سیستم موقعیت‌یاب ماهواره‌ای انجام شد. داده‌های مربوط به مراکز جمعیتی به صورت یک شیب فایل UTM^۳ از استانداری مرکز آذربایجان شرقی تهیه شد. اطلاعات مربوط به شعاع قوس از فایل حاوی محورهای مواصلاتی استخراج شده است.

مدل‌سازی در نرم‌افزار ArcGIS 10.2 انجام شده است. به منظور مدل‌سازی با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی لازم است که برای هر یک از معیارها یک لایه در نرم‌افزار ArcMap تولید شود. به این منظور داده‌های خام تهیه‌شده در تولید لایه‌ها به مراتب ترتیب استفاده شد. لایه‌های تولیدشده در آنالیز سلسله‌مراتبی باید به صورت رستری باشند. به منظور مشخص کردن گستره پهنه بندی خطر، تمامی لایه‌ها بعد از تولید به چهار گروه طبقه‌بندی مجدد شدند. به طوری که این مراتب توسط اعداد یک، دو، سه و چهار مشخص می‌شوند. سلول‌هایی که در طبقه‌بندی مجدد در بازه یک قرار می‌گیرند در بیشترین مقادیر قرار می‌گیرند و سلول‌هایی که در پهنه چهار قرار می‌گیرند در کمترین مقادیر قرار می‌گیرند. لازم به ذکر است که در نرم‌افزار ArcGIS به منظور استفاده از آنالیز همپوشانی لازم است که سه مشخصه سیستم مختصات تصویر، گستره تصویر و اندازه سلول‌ها برای تمامی لایه‌ها یکسان باشد، در غیر این صورت ابزار همپوشانی وزن‌دار قادر به آنالیز نهایی نقشه‌ها خواهد شد. در شکل ۵. لایه‌های ایجاد شده توسط نرم‌افزار را مشاهده می‌نمایید.

^۲ - Digital Elevation Model

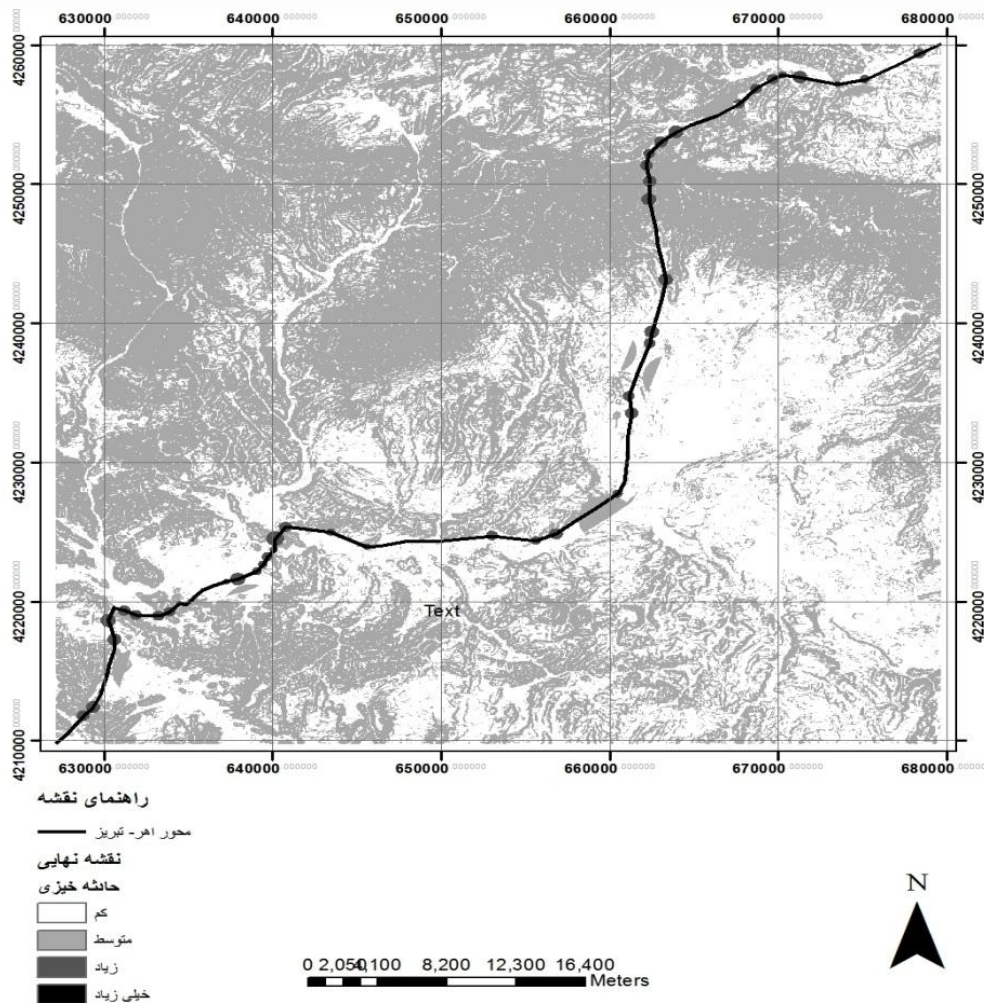
^۳ - Universal Transverse Mercator



شکل ۵: لایه‌های ایجاد شده توسط نرم‌افزار برای معیارهای انتخاب



پس از طی تمامی مراحل مدل‌سازی نتایج مدل که تعیین نقاط حادثه‌خیز محور مورد مطالعه بود، محقق گشت. برای درک بهتر میزان حادثه‌خیزی نقاط از درجات خاکستری برای نمایش نقشه‌ها استفاده شده است. شکل ۶. نقشه نهایی نیز در چهار بازه توصیفی با ارزش حادثه‌خیزی کم تا حادثه‌خیزی خیلی زیاد طبقه‌بندی شده است.



شکل ۶: نقشه نهایی حادثه‌خیزی نقاط تعیین شده

۹- ماتریس خطا

صحت اطلاعات در واقع میزان احتمال درستی اطلاعات است. به عبارت دیگر بیانگر این نکته است که مثلاً بر روی یک نقشه تهیه شده به کمک سیستم اطلاعات مکانی، احتمال تعلق مکانی مشخص از روی زمین به همان گروه از پدیده‌ها به روی نقشه چه مقدار خواهد بود. لذا باید نتایج حاصل از تحلیل و طبقه‌بندی تصاویر به لحاظ صحت و



درستی مورد بررسی قرار گیرند. این کار به روش معمول با مقایسه یک نقشه مرجع و نقشه حاصل از روش‌های مختلف طبقه بندی و تولید ماتریس خطا صورت می‌گیرد.

آمار اخذ شده از سازمان پلیس راه استان طبق این‌نامه‌های بخش ایمنی سازمان راهداری کشور الویت‌بندی شده است. رابطه الویت‌بندی نقاط حادثه‌خیز آمار ثبت شده بر اساس تعداد و نوع تصادفات می‌باشد، به طوری که در محاسبه الویت بندی نتایج تعداد تصادف در سه گروه طبقه بندی شده، محاسبه می‌شود. سه گروه ذکر شده تعداد تصادفات خسارتی، جرحی و فوتی می‌باشد. رابطه الویت‌بندی به رابطه P معروف می‌باشد، نحوه محاسبه مقدار P در رابطه زیر آورده شده است.

$$P = 5(A) + 3(B) + (C)$$

رابطه ۴-۱

مقادیر متغیرهای ذکر شده در رابطه بالا به شرح زیر می‌باشد.

A = تعداد تصادفات فوتی

B = تعداد تصادفات جرحی

C = تعداد تصادفات خسارتی

در جدول ۲. مشخصات مناطق شناخته شده توسط پلیس راه و پایانه‌های حمل و نقل را مشاهده می‌نمایید.

جدول ۲: مشخصات نقاط شناسایی شده توسط پلیس راه

ردیف	نام محور	نام نقطه	تعداد تصادفات		
			فوتی	جرحی	خسارتی
۱	اهر-تبریز	پمپ‌بنزین طویقون	۱	۱۰	۳۰
۲	اهر-تبریز	سه‌راهی گمند	۴	۶	۱۵
۳	اهر-تبریز	قوس‌های ترانشه	۳	۵	۲۷
۴	اهر-تبریز	خراجو	.	۸	۲۱
۵	اهر-تبریز	آجر سفال	۵	۶	۲۴
۶	اهر-تبریز	سه‌راهی قراجه	۳	۱۳	۲۶
۷	اهر-تبریز	سه‌راهی بیلوردی	۲	۹	۲۵
۸	اهر-تبریز	تقاطع یایجلو	.	۸	۲۶



بر اساس این رابطه نقطه‌ای که در آن $P > 20$ باشد یک نقطه حادثه‌خیز شناخته می‌شود، در این تحقیق به منظور ایجاد ماتریس خطا مقادیر P نیز از بیشترین مقدار در دو محور تا کمترین مقدار در چهار کلاس طبقه‌بندی شد تا تعداد کلاس‌ها همانند پیش‌بینی‌های مدل تحقیق، برابر باشد. بازه‌های طبقه‌بندی شده مقادیر P در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳: طبقه‌بندی مقادیر P

مقادیر P	ارزش بازه‌ها	ارزش توصیفی بازه‌ها
۲۰-۳۵	۱	حادثه‌خیزی کم
۳۵-۵۰	۲	حادثه‌خیزی متوسط
۵۰-۶۵	۳	حادثه‌خیزی زیاد
۶۵-۸۰	۴	حادثه‌خیزی خیلی زیاد

بعد از مشخص شدن بازه‌های مقادیر P می‌توان ماتریس خطا را تشکیل داد. عنصرهای ستونی در این ماتریس بیانگر اطلاعات مرجع (آمار اخذ شده از پلیس راه استان) هستند که به طور صحیح طبقه‌بندی شده‌اند و در مقابل، المان‌های سطری بیانگر پیش‌بینی‌های مدل استفاده شده هستند. ۴. ماتریس تشکیل شده برای ارزیابی صحت نتایج مدل می‌باشد.

جدول ۴: ماتریس خطا

مجموع سطرها	حادثه‌خیزی کم	حادثه‌خیزی متوسط	حادثه‌خیزی زیاد	حادثه‌خیزی خیلی زیاد	نقاط واقعی
					نقاط مدل
۲	۰	۰	۰	۲	حادثه‌خیزی خیلی زیاد
۲	۰	۰	۲	۰	حادثه‌خیزی زیاد
۲	۱	۱	۰	۰	حادثه‌خیزی متوسط
۲	۱	۱	۰	۰	حادثه‌خیزی کم
	۲	۲	۲	۲	مجموع ستون‌ها

برای محاسبه صحت مدل با استفاده از ماتریس خطای تشکیل شده، آمار ۷ نقطه حادثه‌خیز تهیه شده از پلیس راه استان در محاسبه ماتریس خطا استفاده شد. برای محاسبه ماتریس خطای مدل اعداد قطری ماتریس با هم جمع می‌شود و حاصل تقسیم بر تمام نقاط واقعی تهیه شده از سازمان پلیس‌راه می‌شوند.



$$\text{مجموع اعداد قطری ماتریس} = 2+2+2+2 = 6$$

$$7 = \text{تعداد نقاط شناخته شده توسط پلیس راه}$$

$$85\% = 100 * (6/7) = \text{صحت مدل}$$

همان طور که مشاهده شد مدل استفاده شده دارای ۱۵٪ خطا می باشد.

۱۰- نتیجه گیری

۱. با توجه به مطالعات انجام شده و جمع آوری نظریات کارشناسان مهم ترین عامل حادثه خیزی در محورهای مورد مطالعه معیار شعاع قوس با وزن نهایی ۰/۴۴۰ حاصل گردید و سپس معیار فاصله از تقاطع با وزن نهایی ۰/۳۲۵ به عنوان دومین عامل حادثه خیزی و معیار فاصله از مراکز جمعیتی با وزن نهایی ۰/۱۴۶ به عنوان سومین عامل حادثه خیزی و شیب طولی با وزن نهایی ۰/۰۸۸ به عنوان چهارمین عامل حادثه خیزی مشخص شد.
۲. طبق مدل ارائه شده در این تحقیق، کل محورهای مورد مطالعه مورد ارزیابی واقع شد و تمام نقاطی که، دارای حادثه خیزی بالقوه بودند استخراج شدند. این مساله باعث گردید که تمامی منطبق ممکن مورد بررسی قرار گیرد و احتمال نادیده گرفتن یک گزینه با حادثه خیزی خیلی زیاد کاهش گردد.
۳. با توجه به این که مهمترین عامل حادثه خیزی معیار شعاع قوس شناخته شد، شعاع قوس های موجود در مدل در بازه های یک و دو، در تعیین نقاط حادثه خیز جزء نقاط حادثه خیز قرار گرفته اند.
۴. با تشکیل ماتریس خطا برای مدل استفاده شد مشخص شد که، استفاده از سیستم های اطلاعات مکانی برای تعیین نقاط حادثه خیز جوابگو می باشد.
۵. مدل پیشنهادی این تحقیق، جهت تعیین نقاط حادثه خیز در مسیرهای برون شهری در نمونه ی مورد مطالعه قابل تعمیم به مسیرهای دیگر کشور نیز می باشد و همچنین می توان با توجه به خصوصیات و ویژگی های مسیر مورد نظر معیارها را مورد تجدید نظر قرار داد، که این امر مشکلی به مدل وارد نخواهد ساخت.



۱۱- مراجع

۱. کاشانی، س، عسگری، ب، و داداش زاده، ب، ۱۳۸۵، طراحی مدل منطقی شناسایی عوامل تصادفات جاده‌ای در ایران، دو ماهنامه علمی - تخصصی پلیس راهور ناجا، سال سوم، شماره پانزدهم.
۲. شفیع‌ی مقدم، ب، ۱۳۸۵، بررسی روند حوادث ترافیک ایران و جهان و عملکرد هلال اهرم بر اساس مدل ماتریس ADDON، دو ماهنامه علمی-تخصصی پلیس راهور ناجا، سال سوم، شماره پانزدهم.
۳. محمدفام، ا، ۱۳۸۱، حوادث رانندگی و مدیریت امداد و نجات، مجموعه مقالات اولین همایش علمی- تحقیقی مدیریت امداد و نجات اسفند ماه، تهران، موسسه عالی علمی - کاربردی هلال اهرم ایران، نشر فرهیخته.
4. Geurts, K, and Wets, G, 2003, Black Spot Analysis methods, Journal of transportation engineering, Vol 24, No 8.
۵. بیابانی اردکانی، ر، ۱۳۸۵، بررسی تحلیلی نقاط حادثه‌خیز کشور، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر.
۶. مهدی پور، ف، و سعدی مسگری، م، ۱۳۸۸، الگویی برای مکان‌یابی بر اساس متدهای تصمیم‌گیری چند معیاره در GIS، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر
7. Waters N, M., 1998, Transportation GIS: GIS-T in Geographical Information Systems, GIS Principals and Application, Longman, London, PP.
۸. روش‌های ثبت تصادفات و شناسایی نقاط پرتصادف، ۱۳۸۶، انتشارات پژوهشکده حمل و نقل، وزارت راه و ترابری.
۹. اطلس جاده‌های ایران، ۱۳۸۰، دفتر فناوری اطلاعات سازمان حمل و نقل پایانه‌های کشور.



Abstract

It is essential to identify the accident prone spots and to prioritize them so as to establish a decent resource allocation management. Estimating the rate of a spot's being accident prone is significant for determining the policy of the organizations in charge because allocating capital budget and workforce can be carried out with a thorough plan on condition that these spots are identified. It is undeniable that the occurrence of an accident is an unpredictable and complex phenomenon; therefore, to do an accurate estimation the interrelation of various factors must be taken into account. This study aims to identify the accident prone spots of the transportation axes by means of geographic information systems. To do this, road, namely Tabriz-Ahar, which is important transportation axe in East Azerbaijan are analyzed and studied. On account of the features of the region under study, in this model arch radius, population, distance from intersections, longitudinal slope criteria are employed so as to identify the accident prone spots.

Each of these criteria has a different significance in identifying a spot's being accident prone and the rate of each of the criteria's significance is determined through a hierarchy analysis method. It is to be noticed that the identified accident prone spots in this study are juxtaposed with those reported by the road policing unit and is evaluated by using error matrix.

KEY WORDS: *accident prone spots, geographic information system, hierarchy analysis process, Error matrix*